

## Der Wert der Erfahrung für qualifizierte Facharbeit mit CNC-Maschinen

Rose, Helmuth

Veröffentlichungsversion / Published Version  
Sammelwerksbeitrag / collection article

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:  
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF München

### Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Rose, H. (1991). Der Wert der Erfahrung für qualifizierte Facharbeit mit CNC-Maschinen. In *Handbuch der humanen CIM-Gestaltung* (S. 77-98). Berlin: Fraunhofer-Institut Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO). <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-107652>

### Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

### Terms of use:

This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

## **II.5.4 Der Wert der Erfahrung für qualifizierte Facharbeit mit CNC-Maschinen**

### **II.5.4.1 Funktion und Merkmale qualifizierter Facharbeit mit CNC-Maschinen**

In den 70er Jahren herrschte noch die Meinung vor, der Fortschritt der Automation werde zu Fertigungsstrukturen und Produktionsmaschinen führen, die vom Büro aus - abgekoppelt von der Werkstatt - geplant, programmiert und beherrscht werden könnten. Damit, so ein weit verbreitetes Argument, könnte auch einem Mangel an qualifizierten Facharbeitern begegnet werden. Programmieren wurde als Teilfunktion der Arbeitsvorbereitung angesehen. Die damals verwendeten Programmiersprachen, so die weitere Begründung, wären darüber hinaus zu kompliziert, um durch Facharbeiter sicher gehandhabt werden zu können.

In den 80er Jahren zeigte sich allerdings, daß die in den Büros erstellten Programme häufig einer Optimierung in der Werkstatt bedurften. Aus diesem Grunde wurden an CNC-Produktionsmaschinen vor allem Facharbeiter eingesetzt. Um zeitaufwendige Abstimmungs- und Rückkopplungsprozesse zwischen Werkstatt und Arbeitsvorbereitung zu reduzieren, entstand in den 80er Jahren deshalb das Konzept der "Werkstattprogrammierung". Für seine Umsetzung wurden vor allem neue "bedienerfreundliche" Dialogtechniken zum Programmieren in der Werkstatt entwickelt. Ende der 80er Jahre hat das Konzept der Werkstattprogrammierung weitgehend seinen anfänglichen Ausnahmecharakter verloren. So lassen z.B. über 70% der CNC-Maschinen einsetzenden Betriebe der Investitionsgüterindustrie Programme in der Werkstatt erstellen /Nuber/Schultz-Wild, 1990/.

Büro- und Werkstattprogrammierung existieren in den 90er Jahren nebeneinander. Die Funktion der Werkstattprogrammierung variiert dabei deutlich mit der Betriebsgröße. Werkstattprogrammierung (durch Führungskräfte in der Werkstatt) und Bedienerprogrammierung (durch den Maschinenbediener) sind um so eher die vorherrschenden Organisationsformen, je geringer die Beschäftigtenzahl eines Betriebes ist; in Großbetrieben nimmt diese Organisationsform ab. Entsprechend der verstärkten Arbeitsteilung, der Zahl vorhandener, meist durch ein Büro programmierter CNC-Maschinen und dem zu fertigenden Teilespektrum (z.B. mit häufigen Wiederholungen und großer Stückzahl) herrscht in Großbetrieben die Organisationsform der Büro-Programmierung vor. Allerdings zeigt sich, daß in den

90er Jahren unter dem Druck nach einer Erhöhung der Flexibilität in der Produktion auch in Großbetrieben andere Organisationsformen (z.B. nach dem Konzept von Fertigungsinseln) Eingang finden, bei denen die Werkstatt- und Bedienerprogrammierung an Bedeutung gewinnt /Brödner, 1988/. Aus einer Betrachtung der Geschichte von NC-Anwendungen ergeben sich somit entscheidende Hinweise hinsichtlich der Funktion und Merkmale qualifizierter Facharbeit mit CNC-Maschinen.

#### **a) Sicherung optimierter Programme und Erhöhung der Flexibilität der Produktion als besondere Leistungsmerkmale**

Wie vielfach belegt, bedürfen zentral im Büro erstellte Programme häufig einer Optimierung, selbst wenn sie bereits angewendet wurden. Diese Optimierung übernimmt der Facharbeiter in der Werkstatt.

Im Zusammenhang mit der Entwicklung und Erprobung "Werkstattorientierter Programmierverfahren" (WOP) wurde auch eine Untersuchung zum wirtschaftlichen Vergleich von Büro-Programmierung und Werkstatt-Programmierung erstellt. Programme, deren Erstellung 15 bis 20 Minuten dauert, können der Untersuchung zufolge wirtschaftlicher in der Werkstatt erstellt werden. "Insgesamt zeigt der Kostenvergleich, daß der Aufwand für Neuprogramme (bezogen auf die Programmierzeit und die Programmierplatzkosten sowie auch die Einfahrzeit und die Maschinenkosten) beim Einsatz werkstattorientierter Programmierverfahren deutlich unter dem Durchschnitt und unter den besten AV-Methoden liegt" /Häuser, 1989/. Die Erhöhung der Flexibilität in der Produktion kommt insbesondere bei dem untersuchten Anwender-Betrieb dadurch zustande, daß das eingesetzte werkstattorientierte Programmiersystem sowohl in der AV, an einem Programmierplatz in der Werkstatt oder an der Produktionsmaschine angewendet werden kann. Das erlaubt eine kostenoptimale Verteilung der Programmieraufträge, ob an dem Programmierplatz oder in der Werkstatt, je nachdem welches Teilespektrum zu bewältigen ist und wie die real verfügbare Qualifikation des Werkstattpersonals ist. Von der Durchgängigkeit der Programmiersysteme hängt insbesondere die Integration der Werkstattprogrammierung mit der DV-Umgebung ab. Zu nennen sind hier Schnittstellen zu CAD, CAM, FFS und DNC /Kief, 1988/.

Die besonderen Leistungsmerkmale qualifizierter Facharbeit mit CNC-Maschinen beziehen sich somit auf die Einbringung optimaler Technologiewerte beim Programmieren und den bestmöglichen Einsatz verfügbarer Kapazitäten.

Auf weitere wichtige Leistungsmerkmale weisen andere Untersuchungen über die Sicherung des spanabhebenden Bearbeitungsprozesses hin /Kraft/Udris, 1988/. Die qualifizierte Arbeitskraft kann ihre Erfahrung dahingehend einsetzen, Werkzeugbrüche zu vermeiden (z.B. durch langsames Fahren von "heiklen" Passagen) und um den Werkzeugverbrauch möglichst gering zu halten (z.B. durch Beobachtung der Abnutzung). Die Prävention möglicher Störungen ist somit ein weiteres Leistungsmerkmal qualifizierter Facharbeit mit CNC-Maschinen, das insbesondere auch hinsichtlich der Erhöhung der Flexibilität - bei gleichzeitig zunehmender Integration der Systeme und damit sich vermehrender Schnittstellen und Interpretationsfragen erfaßter Prozeßdaten - an Geltung gewinnt /Dünwald, 1990/.

**b) Qualifizierte Facharbeit als ganzheitlicher Vorgang von Arbeitsplanung, Programmieren, Einfahren und Überwachen von CNC-Maschinen**

Damit die hier hervorgehobenen Leistungsmerkmale qualifizierter Facharbeit mit CNC-Maschinen zum Tragen kommen können, bedarf der Facharbeiter neben einer Kenntnis technischer Funktionszusammenhänge der Maschine und Kenntnissen im Umgang mit der Maschine und deren Steuerung insbesondere auch eines spezifischen Handlungswissens oder sogenannten "impliziten" Erfahrungswissens. Dies ist, wie neuere Untersuchungen zeigen /Böhle/Milkau, 1988/, ein eigenständiger Wissensmodus, der durch praktische sinnliche Erfahrung und ganzheitliche Arbeitshandlungen erworben und eingesetzt wird. Eine ganzheitliche Handlung umgreift dabei sowohl Programmerstellung bzw. Optimierung, das Einfahren von Programmen und die Überwachung von automatischen Programmabläufen.

Beim Einfahren von Programmen erhält der Facharbeiter über Geräusche sowie Spanfluß und andere direkte Wahrnehmungen (z.B. zur Oberflächenbeschaffenheit) Aufschluß über den Bearbeitungszustand bei verschiedenen Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten. Bei Automatikbetrieb mit verkapselter Maschine überwacht er ebenfalls anhand derartiger, allerdings "abgeschwächter", Wahrnehmungen den Bearbeitungsablauf. Die akustischen und visuellen Erlebnisse, d.h. die Erfahrung früherer Ereignisse, kann der Facharbeiter mental

repräsentieren. Auf der Grundlage derartiger mentaler Repräsentation (vollzogene Bewegung, Werkstückansichten, Bearbeitungssituation) entwickelt der Facharbeiter Vorstellungen für die Programmerstellung, Optimierung und Überwachung. Die mentalen Repräsentationen sind dabei aus Bildern und Zeichen im Zusammenhang (wie Netzwerke) zusammengesetzt. Sie können "mental" manipuliert werden. Dadurch ergibt sich gleichsam ein "abstrakt-sinnlicher" Zugang für intransparente Bearbeitungsvorgänge an der Maschine /Rose, 1990/.

Die Programmierung wird von Facharbeitern nach diesen Untersuchungen nicht als eine "abgehobene", vom eigentlichen Produktionsprozeß getrennte, "eher geistige" Tätigkeit gesehen. Ähnlich wie die Arbeitsplanung in der konventionellen Fertigung wird das Programmieren als Bestandteil einer "produzierenden" Tätigkeit aufgefaßt. In dieser Verbindung zwischen dem Programmieren als eher planende bzw. direktive Arbeit und der praktischen Tätigkeit an der Maschine wird von Facharbeitern das Besondere ihrer Tätigkeit gegenüber den nur "geistig" Arbeitenden, beispielsweise in der AV, gesehen. Sie sehen und arbeiten mit Werkstücken und Werkzeugen, während es sich in der AV hauptsächlich um symbolische Darstellungen handelt. Programmieren ist für den Facharbeiter keine nur "geistige" von sinnlich-praktischen Erfahrungen abgelöste Tätigkeit. Gerade in der Verbindung von geistiger und körperlicher Arbeit bzw. theoretischen und praktischen Wissen sehen qualifizierte Facharbeiter ihre berufliche Identität begründet /Böhle/Rose, 1990/.

#### **II.5.4.2 Bedeutung der Erfahrung für die Facharbeit und die Arbeitskräfte**

Erfahrungen sind für die effektive Arbeit an CNC-Maschinen in rechnergestützten Fertigungsstrukturen keine technisch ersetzbare Restgröße. Sie sind auch keine vorübergehende Bezugsgröße für Einsteiger in eine neue Technik. Sie sind für eine aktuelle Programm- und Planoptimierung, Zustands- und Störungsbewertung sowie für ein reaktionsschnelles Korrigieren und Manipulieren unverzichtbar. Vor allem in Arbeitssituationen mit unvollständigen Informationen und bei risikobehafteten Entscheidungsfällen, insbesondere unter Zeitdruck, steuert nicht das formalisierbare Wissen angemessenes Handeln, sondern vor allem das implizite Erfahrungswissen, d.h. das durch aktives Handeln individuell entwickelte und durch das Erleben der Konsequenzen eigenen Handelns erworbene Wissen /Martin/Rose, 1990/. Implizites Erfahrungswissen wird im Rahmen subjektivierenden Arbeitshandelns durch Nachvollziehen und Erproben erworben /Böhle/Milkau, 1988/. Eine weitere Quelle impliziten Erfahrungswissens ist die

Kommunikation von Arbeitskräften untereinander. Beide Vorgänge, das Durchführen einer Handlung sowie die Gewinnung nützlicher Erkenntnisse durch Verstehen der Aussagen anderer, lassen sich nicht durch Technik nachahmen. Diese Quellen muß die Arbeitskraft selbst erschließen.

#### **a) Technologiebeherrschung als Ergebnis erfahrungsgeleiteter Arbeit**

Qualifizierte Facharbeiter sehen gerade im Wissen über Technologiedaten ihr grundlegendes "Kapital". Nach ihrer Auffassung kann es auch nicht durch Technik völlig ersetzt werden, es sei denn, der dadurch entstehende Verlust der Aktualität von Technologiedaten würde bewußt hingenommen /Böhle/Rose, 1990/. Ausschlaggebend für diese Meinung ist, daß gerade bei der Technologiebeherrschung das implizite Erfahrungswissen zum Tragen kommt. Diese Feststellung gilt nicht nur hinsichtlich der Technologiewerte (z.B. Festlegung der Bearbeitungsstrategie, Wahl von Werkzeugen, Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten bei unterschiedlichen Materialien und Konturen), sondern auch hinsichtlich weiterer Effekte wie Optimalauslastung der Maschinen, Vermeidung von Störungen und Reduzierung von Werkzeugverschleiß. Dieser Befund wird verständlicher durch eine eingehendere Analyse der Arbeitsweise qualifizierter Facharbeiter.

Facharbeiter machen beim Einfahren und Überwachen programmgesteuerter Arbeitsvorgänge spezifische Erfahrungen. Die Aufgabe für den Facharbeiter besteht darin, aus einem Rohling oder bereits bearbeiteten Teil durch Verformung mit Dreh-, Bohr- und Fräsmaschinen ein Werkstück mit bestimmter Kontur zu formen. Diese Formung erfolgt durch den programmgesteuerten Bearbeitungsvorgang. Der ist die Quelle der Erfahrungen für den Facharbeiter. Die Verformung erfolgt an bestimmten Materialien mit Hilfe bestimmter Werkzeuge unter Nutzung bestimmter Maschinenfunktionen. Beim Einfahren kann der Facharbeiter beispielsweise bei verminderten Geschwindigkeiten und Abfahren der Kontur in geringem Abstand (bei geöffneter Maschine) den Bearbeitungsvorgang größtenteils noch optisch verfolgen, mindestens aber Wendepunkte in der Bahn des Werkzeuges. Beim Einfahren ohne Abstand zur Kontur kann der Facharbeiter durch die entstehenden Geräusche Rückschlüsse ziehen hinsichtlich der "Richtigkeit" gewählter Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten. Die Geräusche geben ihm darüber hinaus auch Hinweise hinsichtlich der "richtigen" Wahl des Werkzeugs bzw. der spezifischen Schneidwerkzeuge. Darüber hinaus macht der Facharbeiter Erfahrungen, ob er die "richtigen"

Spannwerkzeuge nutzt und ob die jeweilige Aufspannung die für den Bearbeitungsprozeß "richtige" Grundlage ist.

Für die Überwachung programmgesteuerter Abläufe im Automatikbetrieb hat der Facharbeiter Erfahrungen hinsichtlich der Maschinenleistung im Tagesverlauf. Er weiß z.B. welche Auswirkungen die Erwärmung von Maschinen durch ständige Inanspruchnahme nach sich ziehen, d.h. wie er mit vorgegebenen Toleranzen umgehen muß. Darüber hinaus "hört" der Facharbeiter auch, inwieweit er ein Werkzeug noch einsetzen kann, beispielsweise in Verbindung mit einer Veränderung der Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten.

Diese hier kurz skizzierte Prozeßbeherrschung bildet den Hintergrund für das Erfahrungswissen der Facharbeiter über Technologiewerte. Sie ist der Grund, warum Facharbeiter bei zentral im Büro erstellten Programmen für die Optimierung der Programme an der Maschine eingesetzt werden. Der unmittelbare Bezug zum Prozeß ist im Büro nicht gegeben. Zwar gibt es dort auch (sofern sich die Fachkräfte im Büro aus der Werkstatt rekrutieren) Erfahrungen hinsichtlich Materialien, Werkzeugwahl und Vorschub- wie Schnittgeschwindigkeiten; sie liegen aber zeitlich zurück. Erfahrungen mit neuen Schneidstoffen beispielsweise, die aktuell genutzt werden, können sich so nicht bilden. Labors, um die "richtigen" Schnittgeschwindigkeiten im Test zu ermitteln, können sich nur sehr große Betriebe leisten.

Aus der Prozeßbeherrschung erwächst auch der Hintergrund für das Programmieren durch den Maschinenbediener, denn Facharbeiter orientieren sich bei ihrer Arbeit an den Bearbeitungsvorgängen. Sie denken somit vom Bearbeitungsvorgang her /Böhle/Rose, 1990/. (Das ist anders als eine Orientierung von einer Zeichnung her).

Facharbeiter haben zu Beginn des Programmiervorgangs eindeutig ganzheitliche Vorstellungen über die notwendigen Arbeitshandlungen, um aus einem Rohling ein fertiges Werkstück herzustellen. Sie arbeiten gedanklich vor, welche Handlung die maschinellen Abläufe begleiten werden; d.h., nicht der maschinelle Ablauf selbst wird gedanklich nachgebildet, sondern die Handlungssequenzen, die notwendig sind, um maschinelle Abläufe zu steuern. Charakteristisch sind beispielsweise solche Aussagen: "Nachdem ich die Zeichnung in der Hand habe, stelle ich mir das Werkstück vor. Ich überlege mir die Aufspannreihenfolge, die entsprechenden Konturanforderungen, sprich: die notwendigen Werkzeuge. Danach gebe ich die



erforderlichen Daten in die Maschine ein. Besondere Aufmerksamkeit ist bei zu erwartenden Schwierigkeiten notwendig, die ich ebenfalls aus der Zeichnung erkennen kann. Das alles läuft ab wie im Film".

Facharbeiter entwickeln demnach verschiedene miteinander im Zusammenhang stehende Vorstellungsbilder, zum einen über das zu erstellende Werkstück, zum anderen über den Vorgang der Werkstückverformung bis zum fertigen Teil und schließlich über Abschnitte bei diesem Vorgang, die einer besonderen Aufmerksamkeit bedürfen. Die Vorstellungen über den Handlungsverlauf entstehen dabei nicht additiv, sondern konkretisieren sich, von einer Globalvorstellung ausgehend, nach und nach in notwendige Handlungsschritte. "Ich teile mir das Werkstück räumlich in Gedanken auf", sagt zu diesem Sachverhalt typisch ein Facharbeiter, "dabei stelle ich mir vor meinem geistigen Auge die Ablaufschritte vor. Danach teile ich mir aufgrund der Vorstellung den konkreten Ablauf ein. So bekomme ich das Gefühl, wie ich es früher an einer konventionellen Maschine hatte." In einer aktuellen Bearbeitungssituation entwickelt der Facharbeiter somit Vorstellungen, die auf ähnlichen Ereignissen von der bisherigen Arbeit aufbauen. Ausgangspunkt aller Überlegungen ist das zu fertigende Werkstück, nicht als ein abstraktes Geometriemodell, sondern als ein analog vorgestelltes "voluminöses" Produkt. Es ist der Bezugspunkt, auf den hin alle anderen Parameter der Bearbeitung eingestellt werden. Hierzu gehören die Wahl der richtigen Werkzeuge für die Behandlung verschiedener Materialien ebenso wie die Geschwindigkeit, mit der diese Werkzeuge gefahren werden. Aus der Erfahrung "weiß" der Facharbeiter, wie sich die Maschine bei einem optimierten Programm verhalten wird. Wie auch an der konventionellen Werkzeugmaschine sind es an der CNC-Produktionsmaschine vor allem die Geräusche, die dem Facharbeiter Aufschluß darüber geben, ob ein Programm "richtig" läuft und der Klang deshalb "satt" ist /Böhle/Milkau, 1988/.

Um in einer aktuellen Bearbeitungssituation rasch die "richtigen" Technologiewerte zu finden, bedarf es deshalb einer qualifizierten Fachkraft, die Bearbeitungsvorgänge für die Formung von Werkstücken aus ganzheitlichen Arbeitshandlungen, d.h. aus Arbeitsplanung, Programmieren, Einfahren und Überwachen von CNC-Maschinen her kennt und die Varianten eines Teilespektrums in Kombination mit verschiedenen Materialeigenschaften beim Einsatz unterschiedlicher Schneidstoffe und Werkzeuge sowie unterschiedliche Leistungspotentiale von Maschinen entsprechend Laufzeit und Nutzungsgrad einschätzen kann.



Hervorzuheben ist an dieser Stelle, daß die Vorstellungen der Facharbeiter durch diese mental manipuliert werden können, beispielsweise durch gedankliche Bewegung der vorgestellten Werkstücke. Dementsprechend ergeben sich dann andere "Sichten" auf das Werkstück, so daß "geistige" Prüfungen hinsichtlich der Wahl richtiger Werkzeuge und Anfahrwege aber auch notwendiger Bearbeitungsfolgen möglich werden. Die Parameter in einer Bearbeitungssituation, die für den Bearbeitungsvorgang insgesamt kombiniert werden müssen, sind für den Facharbeiter nicht gleichgewichtig. Er denkt vom Werkstück her. In diesem Denken sind die möglichen Relationen geeigneter Kombinationen enthalten, d.h. der Problemlösungsraum muß nicht mühsam erschlossen werden, er ist in der Sichtweise enthalten. Hierin liegt auch der Grund, daß qualifizierte Facharbeiter in einer Bearbeitungssituation mit vielen Parametern, deren Ausprägungen und Veränderungen nicht vollständig bekannt sind und die neu kombiniert werden müssen, "schneller" eine geeignete Lösung findet, als dies bei automatischer Berechnung gegeben ist. Bei dieser muß zuerst der Problemlösungsraum bestimmt und dann die Kette möglicher Kombinationen durchgespielt werden. Problem sind hier die Wertigkeiten.

#### **b) Belastungswechsel und -ausgleich durch erfahrungsgeleitete Arbeit**

In einer neueren Untersuchung von Belastungs- und Beanspruchungsprozessen an CNC-Maschinen wird festgestellt, daß die Belastung bei unterschiedlicher CNC-Arbeitsorganisation erheblich differiert /Failmezger/Urban, 1989/. Ist die Arbeit an der CNC-Maschine auf Einlege- und Überwachungstätigkeiten reduziert, sind Monotonie und Zeitdruck wesentliche Faktoren für psychomentele Belastungen. Sie können noch verstärkt werden durch Lärm, enge Taktbindung, die das Verlassen der Maschine nicht zuläßt, und hohe Verantwortung für Werkzeug, Werkstück und Maschine. Physische Belastungen haben an Bedeutung verloren, während psychomentele Belastungen zunehmen. Eine fortwährend notwendige Konzentration und Aufmerksamkeit bei gleichzeitig kritischen Arbeitsbedingungen (wie Zeitdruck, Lärm, Monotonie) zwingen häufig Arbeitende dazu, an die Grenze ihrer allgemeinen psychologischen Leistungskapazität zu gehen. Psychische Belastungen ergeben sich darüber hinaus auch aufgrund fehlender Rückmeldungen aus dem laufenden Bearbeitungsprozeß oder aufgrund sehr abstrakter Kodierungsprinzipien im Mensch-Maschine-Dialog (Weber, 1988). Facharbeiter fühlen sich überfordert und im Streß, wenn sie einerseits für die Maschine verantwortlich sind, andererseits diese aber "nicht mehr voll im Griff" haben. Versuchen die Facharbeiter, Arbeitsweisen wie an der

konventionellen Maschine auch an der CNC-Maschine zu praktizieren, so verschafft ihnen dies zwar einerseits eine größere Sicherheit, andererseits handeln sie sich hierbei neue Probleme ein. Wird die Verkapselung beim Einfahren der Maschine geöffnet, so erhöht sich die Unfallgefahr. Orientieren sie sich am Geräusch der Maschine, so wird dies durch den höheren Lärmpegel insgesamt wie auch durch die Verkapselung der Maschine erschwert und erfordert somit eine weit höhere Konzentration. Der Versuch, das richtige Geräusch zu hören und aus dem allgemeinen Lärm herauszufiltern, führt zugleich zu einer erhöhten Lärmempfindlichkeit gegenüber anderen Lärmquellen /Böhle/Milkau, 1989/. Eine weitergehende "Erfassung" der Maschine und ihrer Leistungen ist an CNC-Produktionsmaschinen häufig ebenfalls kaum möglich, beispielsweise durch manuelle Bedienung von Handrädern wie an der konventionellen Maschine. Die Distanz zwischen Mensch und Maschine ist größer. Sie findet über vorgesehene Schnittstellen statt, die insbesondere den visuellen Sinn fordern. Viele Anzeigen und Signale haben dabei zwar Bezug zu einem Programm, aber nicht zu den Arbeitshandlungen. Es fehlt an einer direkten Rückkopplung an die Arbeitsprozesse, insbesondere wenn Programme extern erstellt werden.

Nach dem Konzept "subjektivierenden Arbeitshandelns" sind es vor allem die Einschränkungen sinnlicher Erfahrungen und die Beschränkung der Informationen auf maschinelle Prozesse (nicht auf Arbeitshandlungen), die belastend wirken; d.h. Belastung entsteht durch den Widerspruch zwischen den realen Gegebenheiten und der Notwendigkeit, zur Beherrschung der Maschinen implizites Erfahrungswissen zu erwerben und anzuwenden. Erfahrungsgeleitete Arbeit auf der Basis mehrerer Sinne und einer laufenden Rückkopplung zwischen Wahrnehmung und Handlung führt demgegenüber zu einem kontinuierlichen Belastungswechsel und -ausgleich. Bei der Wahrnehmung können verschiedene Sinne eingesetzt werden, so daß es nicht nur zur Konzentration mit ausschließlich einem Sinn kommt. Durch direkte Rückkopplung können laufend Vergleiche zwischen Vorstellungen über die Werkstückbearbeitung und konkrete Prozeßzustände stattfinden. Das führt zur Sicherheit bei der Arbeit (insbesondere bei hohem Zeitdruck) und entlastet vom ständigen Verantwortungsdruck.

### **II.5.4.3 Neuralgische Punkte für Erfahrungsbildung beim Einsatz rechnergestützter Konzepte**

Erfahrungsgeleitete Arbeit setzt voraus, daß bei der Arbeit Erfahrungen gemacht, vor allem implizites Erfahrungswissen erworben und angewendet werden können. War es bislang immer noch möglich, Facharbeiter an CNC-Maschinen einzusetzen, die Erfahrungswissen zumindest an konventionellen Maschinen gewonnen hatten, das dann lediglich auf die neuen Bedingungen an der Arbeit mit CNC-Maschinen zu transformieren war, so wird es in Zukunft darauf ankommen, Erfahrungswissen auch an CNC-Maschinen zu erwerben. Insbesondere in den Betrieben, in denen die CNC-Maschinen vor anderen vorrangig zum Einsatz kommen, gilt es, an diesen Maschinen das "Fingerspitzengefühl" im Umgang mit verschiedenen Materialien, neuen Schneidstoffen und schwierigen Konturen zu entwickeln.

Auch der Einsatz von Expertensystemen wird diese Tatsachen nicht ändern. Es muß davon ausgegangen werden, daß Expertensysteme für die Technologiebeherrschung und Maschinendiagnose nicht alle in einer Bearbeitungssituation auftretenden Fälle betreffen werden. Wenn die Facharbeiter als Experten ihr Handlungswissen ereignisbezogen in Erinnerung behalten, so unterscheidet diese Erinnerung nicht nach Fakten bzw. Daten oder Regeln. Die Regeln sind in der Sichtweise des erinnerten Falls enthalten. Genau dies macht die Formalisierung schwer. (Beispielsweise die Erfahrung verschiedener Geräusche aus dem Arbeitsraum einer Maschine und deren Deutung hinsichtlich des Prozeßzustandes.) Expertensysteme lassen sich für standardisierbare Arbeitssituationen einsetzen, weil dann auf diese hin bezogen die Erfahrung in Fakten und Regeln gespeichert werden kann. Bei derartigen standardisierbaren Aufgabensituationen bleibt allerdings nach wie vor die Wartung der Wissensbasis der "Flaschenhals". Die Anzahl der Regeln steigt schnell. Sowohl für die Auffrischung von Fakten und Regeln wie auch für die syntaktische und symantische Prüfung bedarf es darüber hinaus wiederum Experten. Auch in Betrieben mit hoher Arbeitsteilung wird es deshalb zumindest einige Experten mit implizitem Erfahrungswissen geben müssen. Weitere Experten mit implizitem Erfahrungswissen sind überall dort von Nöten, wo unter Zeitdruck vor Ort an der CNC-Maschine optimiert werden muß und wo möglichst keine Störungen auftreten dürfen, um den Spanfluß zu sichern oder die Ergebnisse an der CNC-Maschine in den Takt größerer Fertigungssysteme eingebunden sind. Für den Erwerb und die

Nutzung von implizitem Erfahrungswissen vor Ort gibt es mindestens drei neuralgische Punkte:

#### **a) Zergliederung ganzheitlicher Arbeitszyklen**

Die Bildung und Nutzung von implizitem Erfahrungswissen wird behindert, wenn der Erfahrungszyklus nicht ganzheitlich ablaufen kann und die Arbeitskraft an der Maschine lediglich auf eine Teilaufgabe bei der Werkstückverformung, beispielsweise nur auf das Ein- und Ausspannen des Werkstücks und die Überwachung des Programmlaufs beschränkt wird. Die Arbeitskraft kann dann keine ganzheitlichen Arbeitshandlungen vollziehen und als Ereignis in der Erinnerung speichern. Die gegenwärtige Diffusion der Werkstattprogrammierung weist darauf hin, daß die Ausgliederung von Arbeitsplanung und Programmerstellung beim Einsatz von CNC-Maschinen nur begrenzt Erfolg gehabt hat, beispielsweise für standardisierbare Bearbeitungsaufgaben, die situations- und personenunabhängig geplant werden können. Die Wiedereingliederung von Arbeitsplanung und Programmierung in die Werkstatt für nicht voll planbare Bearbeitungssituationen zeigt an, daß in den Anfängen der CNC-Entwicklung auf zu weitgehende Automatisierung und Arbeitsteilung gesetzt worden ist. Wenn gegenwärtig wieder Werkstattprogrammierung parallel zur Büroprogrammierung an Bedeutung gewinnt, so ergibt sich, daß es in Zukunft in der Betriebspraxis eher darauf ankommen wird, eine für den Betrieb optimale Mischung beider Organisationsformen herauszufinden.

Trotz dieser Erfahrung mit einer zunächst weitgehenden Zergliederung der Arbeitsaufgabe Werkstückformung durch Abziehen von Arbeitsplanung und Programmieren aus der Werkstatt sind gegenwärtig Wiederholungen bei anderen technischen Entwicklungen zu beobachten, die auf eine Ausgliederung weiterer Teilaufgaben bei der Arbeit mit CNC-Maschinen gerichtet sind. Hierzu zählen vor allem die Anwendung von Expertensystemen für die Technologiebestimmung und Maschinendiagnose am Leitstand, fernab von der Werkzeugmaschine. Technologiebeherrschung und Prozeßbeherrschung sollen nach diesem Konzept zentral über Leitstände erfolgen. Die Arbeitskraft an der Maschine wird dann lediglich zu einem Maschinenbediener, der Werkstücke ein- und ausspannt oder einfache Programme macht. In Anbetracht der Erfahrungen mit der Ausgliederung von Arbeitsplanung und Programmierung und deren teilweise notwendigen Wiedereingliederung in die Werkstatt sollte bei der technischen Entwicklung zur Unterstützung von Technologie- und Prozeßbeherrschung besser von vornherein

davon ausgegangen werden, daß es hier ebenfalls einer Mischung der Organisationsformen bedarf. Das hätte allerdings die Konsequenz, daß nicht nur Expertensysteme wie Technologieprozessoren, die zentral einsetzbar sind, zu entwickeln sind, sondern genau so gut Assistenzsysteme für die qualifizierte Fachkraft an der CNC-Maschine, die ihm Aufschluß über den Prozeßzustand geben, z.B. durch technische Vermittlung von Geräuschen aus dem Arbeitsraum oder durch Visualisierung von Prozeßdaten. Derartige Assistenzsysteme sollten es der qualifizierten Fachkraft auch erleichtern, durch geeignete Suchverfahren in intransparenten Dateien über Werkzeuge und Materialeigenschaften die notwendige Information zu finden. Das Prinzip der Durchgängigkeit, wie es beispielsweise für werkstattorientierte Programmierverfahren gegeben ist, sollte auch für diesen Zweck geprüft werden. An der Maschine, am werkstattnahen Programmierplatz und im technischen Büro kann dann auf die Dateien in gleicher Weise zugegriffen werden. Weiterhin ist zu prüfen, inwieweit die Wartung der Wissensbasen von Expertensystemen von verschiedener Seite her vorgenommen werden könnte, an der Maschine, am werkstattnahen Programmierplatz und im technischen Büro. Das würde sowohl verteilte Datenhaltung wie auch -verwendung mit systematischem Abgleichen notwendig machen.

## **b) Passivierende Benutzerführung bei Eingabe- und Dialogverfahren**

Sowohl für den Anfänger wie auch für den erfahrenen Facharbeiter ist von herausragender Bedeutung, inwieweit die Steuerung für die CNC-Maschine Programmierunterstützungen anbietet. Das gilt unabhängig von der jeweils betrachteten Steuerung, also sowohl für das Programmieren im DIN-Satz wie auch für das Programmieren ohne DIN-Kenntnisse, beispielsweise durch menügesteuertes Programmieren im Klartext oder mit Geometrieelementen /Böhle/Rose, 1990/. Die qualifizierten Facharbeiter wollen vor allem bei der Entwicklung ihrer Vorstellungen über die notwendigen Handlungsverläufe zur Herstellung eines Werkstücks nicht abgelenkt werden. Sie empfinden deshalb Programmierhilfen als nützlich. Dazu gehören Programmierhilfen zum Berechnen fehlender Maße oder Radien, zum Abruf von Zyklen, zur Simulation von Fahrwegen und für Fehlerkorrekturen /Hoffmann/Martin, 1990/. Als hinderlich angesehen werden Dialogtechniken, bei denen umständlich geblättert oder schemahaft vorgegangen werden muß. Das gilt genauso gut bei interaktiven Dialogverfahren zur Erstellung eines Programms wie auch zur Festlegung von Technologiewerten und für die Bildung einer Maschinendiagnose. Werden diese Dialogtechniken mit ausschließlicher Benutzerführung versehen, so stoßen sie auf

jeden Fall bei der qualifizierten Fachkraft auf Unwillen. Besonderen Unwillen erregt hierbei der Umstand, daß durch derartige Verfahren aufwendiger vorgegangen werden muß als es der Fachkraft möglich wäre oder daß über Plausibilitätskontrollen eine zu weitgehende Überprüfung der Eingaben stattfindet. So lehnen beispielsweise qualifizierte Fachkräfte die generelle Überprüfung der von ihnen eingegebenen Technologiewerte ab, während sie eine Option als Hilfe für die Berechnung von Technologiewerten als nützlich erachten /Böhle/Rose, 1990/. Die qualifizierte Fachkraft will aktiv den Bearbeitungsvorgang bestimmen und kontrollieren.

Allenfalls für Einsteiger und Anfänger werden auch von qualifizierten Fachkräften Verfahren der Benutzerführung als sinnvoll angesehen. Die qualifizierte Fachkraft hat Vorstellungen über die Qualität ihrer Arbeit. Diese Qualität kann sie aber nur erzielen, wenn sie aktiv mit der Maschine umgehen kann und wenn ihre Wahrnehmung ebenfalls eine aktive Handlung darstellt, d.h., sie die Sinne für eine Beurteilung von Prozeßzuständen auswählen und einsetzen kann, die sie für richtig hält.

Eine Hilfe sind technische Unterstützungen nur dann für die qualifizierte Fachkraft, wenn nicht das System vorschlägt, sondern umgekehrt der Facharbeiter je Bedarf Informationen und Vorschläge abfragen oder Berechnungen durchführen lassen kann. Schlägt das System vor, wird dem Bediener grundsätzlich eine reagierende, passive Rolle zugeschrieben, die es ihm letztlich immer wieder aufnötigt, zu entscheiden, ob er einen Vorschlag annehmen oder ablehnen will. Er muß dann in aufwendiger Weise den getroffenen Entscheid begründen. Besteht demgegenüber die Möglichkeit, Hilfsmittel in Anspruch zu nehmen (oder nicht), so bleibt der Facharbeiter in der "aktiven" Rolle und kann ohne umständliche Auseinandersetzung mit den Systemvorschlägen direkt eine bestimmte Strategie anwählen.

### **c) Einschränkung der Zugänglichkeit und Einflußnahme auf Bearbeitungsvorgänge**

Aus Gründen der Arbeitssicherheit sind die Werkzeugmaschinen bei programmgesteuerten Bearbeitungsvorgängen zu schließen. Damit ist die Zugänglichkeit zum Prozeß nicht mehr gegeben. In der Praxis wird gegenwärtig demgegenüber häufig so vorgegangen, daß beim Einfahren die Maschine geöffnet bleibt (was eigentlich nicht zulässig ist). Bei geschlossener Maschine im



Automatikbetrieb hat der Facharbeiter kaum noch die Möglichkeit, den Bearbeitungsvorgang zu verfolgen. Auch Fenster in der Maschine sind hier kaum ein geeignetes Mittel. Die Kühlschmierflüssigkeit läßt eine ständige Aufsicht kaum zu. Die Vorgänge vollziehen sich überdies so schnell und innerhalb geringer Toleranzen, daß sie mit den Augen kaum verfolgt werden können. Wahrnehmungen, wie sie für die Beherrschung des Bearbeitungsprozesses notwendig sind, werden so erschwert, beispielsweise Geräusche bei der Bearbeitung, die Form und Farbe des Spans, der Geruch von Kühlschmiermitteldämpfen, mechanische Vibrationen und Resonanzen, diverse Lichtreflexe auf der Werkstückoberfläche usw.. Genau diese bestimmen aber in situativ unterschiedlicher Bewußtheit, Gewichtung und Präzisierung sowie zeitlicher Überlagerung und Korrelationen das implizite Erfahrungswissen. Ist das direkte Wahrnehmen nicht mehr möglich, führt dies zu einem Konzept, bei dem ein Maschinenbediener auch keinen Einfluß auf Bearbeitungsvorgänge mehr nehmen soll. Seine Aufgabe reduziert sich dann lediglich auf das Ein- und Ausspannen von Werkstücken und den Aufruf von Programmen. Die Wahl der Technologiedaten und die Festlegung von Bearbeitungsschritten, also die eigentliche Technologiebeherrschung, wird bei diesem Konzept nicht mehr den Arbeitskräften an der Maschine überlassen /Dünwald, 1990/.

Werden Standardprogramme, deren Technologiewerte festliegen, gefahren, mag diese Vorgehensweise die erwünschten Resultate erbringen. Auch erscheint möglich, daß bei Einsatz neuer Materialien und neuer Schneidstoffe von zentraler Stelle aus Technologiewerte ermittelt werden, die in ein Standardprogramm Eingang finden. Damit die Technologie derart zentral bestimmt werden kann, bedarf es allerdings sehr aufwendiger Rückmeldungen von den Maschinen her, beispielsweise durch eine Vielzahl definierter Meßsignale von diversen Sensoren. Derartige Daten lassen sich nach Musterverläufen interpretieren. Allerdings sollte nicht vergessen werden, daß hierdurch eine Reduzierung auf ganz bestimmte Informationen über Prozeßzustände und -abläufe erfolgt. Zum einen beschränkt ein derartiges Konzept die Auswahl der zu messenden Prozeßparameter auf bekannte und eindeutig definierte Signale auf dem Hintergrund existierender Interpretationsmuster bzw. Prozeßmodelle. Zum anderen schränkt der Stand der Technik auf dem Gebiet der Sensoren bzw. Mikroperipherik die Meßbarkeit theoretisch definierter Prozeßparameter erheblich ein. Letztlich erzwingt die begrenzte sensorische Zugänglichkeit zum Bearbeitungsprozeß selbst bei theoretisch fundierten Prozeßmodellen die Transformation auf indirekte Meßgrößen, wie beispielsweise die Messung des Werkzeugbruchs bzw. -



verschleißes mittels Kraftaufnehmer am Werkzeugrevolver oder die Messung der Stromaufnahme von Vorschubantrieben. Bei deterministischen Prozeßabläufen lassen sich sicherlich so Muster für die Interpretation der erfaßten Signale finden. Variieren aber viele Parameter in der Arbeitssituation, so muß bezweifelt werden, ob die für die Signalanalyse eingesetzten Muster auch aktuell aussagefähig sind. Hier liefern die aufgrund impliziter Erfahrung entwickelten individuellen, ereignisbezogenen Muster die aktuellere Interpretation.

#### **II.5.4.4 Förderliche Bedingungen für erfahrungsgeleitete Arbeit in der Werkstatt**

Damit in der Werkstatt Erfahrungen gemacht und angewendet werden können, bedarf es allgemeiner organisatorischer und technischer Rahmenbedingungen. Förderliche organisatorische Rahmenbedingungen sind in diesem Zusammenhang die Gliederung notwendiger Fertigungsaufgaben nach dem Konzept paralleler Büro- und Werkstattprogrammierung. Eine Möglichkeit der Abgrenzung bilden beispielsweise die Zeitdauer und die Schwierigkeit von Programmen, wie auch der Gesichtspunkt einer Reduzierung von Planungs- und Ausführungszeit insgesamt durch Bearbeitung vor Ort (beispielsweise um Übergangszeiten zu minimieren und die Auslastung teurer Maschinengruppen zu erhöhen) /Hekeler, 1988; Lay, 1988/. Allgemeine technische Rahmenbedingungen beziehen sich auf den Aufbau eines technischen Kommunikationsnetzwerkes, das sowohl lokale Datenerfassung wie auch -verwendung möglich macht und erlaubt, Parallelauswertungen zentral und dezentral vorzunehmen, wo also eine Durchgängigkeit der Systeme gegeben ist und diese gegenseitig genutzt werden können, d.h. vor Ort Verdichtungen für zentrale Auswertungen entstehen wie umgekehrt. Allgemeine für Qualifizierung förderliche Rahmenbedingungen beziehen sich auf eine systematische Einübung zur Vermittlung von Anwendungs- und Bedienungswissen.

Für die Entwicklung von implizitem Erfahrungswissen in der Werkstatt ergeben sich darüber hinaus spezifische Bedingungen für die Arbeit mit CNC-Werkzeugmaschinen /Martin, Rose, 1990; Böhle, Rose, 1990/.

##### **a) Werkstattnahe Programmierung**

Für den Erwerb und die Nutzung von Erfahrungswissen (und hier vor allem implizitem Erfahrungswissen) ist die Organisationsform werkstattnaher Programmierung förderlich. Damit gemeint ist die Programmerstellung für CNC-

Werkzeugmaschinen an der Maschine selbst oder an einem Programmierplatz in einem Meister-/Werkstattbereich. Wesentlicher Aspekt hierbei ist, daß die qualifizierte Fachkraft Programme für Maschinenläufe erstellen kann, diese optimiert und einführt und schließlich den Programmlauf überwacht. Auch ein DNC-Betrieb über einen PC kann geeignet sein, wenn über einen PC Programme erstellt bzw. optimiert werden, um dann an einer Maschine zu laufen. Der entscheidende Punkt ist, daß die qualifizierte Fachkraft einen Erfahrungszyklus durchführen kann, in dessen Rahmen sie Vorstellungen über das Arbeitshandeln selbständig entwickeln, überprüfen und korrigieren kann. Es geht also um authentisches Erleben, nicht um die Übernahme von Ergebnissen, die an anderer Stelle ausgearbeitet werden.

Damit die verfügbare Kompetenz in der Werkstatt dauerhaft gesichert werden kann, sind die Schnittstellen mit anderen Arbeitssystemen im Betrieb so zu gestalten, daß der Erfahrungszyklus an der Maschine oder in der Maschinengruppe erhalten bleibt /Lay, 1988/. Gemeint sind hiermit Schnittstellen zu CAD-Systemen für die Übergabe von Geometriedaten ebenso wie zu CAM- und FFS-Systemen. Schließlich bedarf es auch noch einer Gestaltung der Schnittstelle zu den umgreifenderen PPS-Systemen, beispielsweise über einen PC in einem Werkstattbereich, an dem die Maschinendaten und Betriebsdaten erfaßt und verdichtet werden, ebenso aber auch Planvorgaben aus zentralen PPS-Systemen der aktuellen Situation in der Werkstatt angepaßt oder Daten aus anderen zentral abgelegten Dateien mit geeigneten Dialogtechniken ausgewertet werden können, beispielsweise hinsichtlich Materialbestand und Terminplanung. Diese Schnittstelle zum umgreifenderen PPS-System ist vor allem dann bedeutsam, wenn die qualifizierte Fachkraft im Rahmen der Überwachung programmgesteuerter Abläufe auch anteilig mit der Maschinendiagnose und Ergründung von Störungsursachen befaßt werden soll. Von Vorteil für eine derartige Arbeitsorganisation ist es, wenn die Programmiersysteme für Werkzeugmaschinen und Planungssysteme für die Werkstattsteuerung durchgängig sind, d.h. an der Maschine, am Programmierplatz bzw. PC in der Werkstatt und an den Arbeitsplätzen im technischen Büro und der Arbeitsvorbereitung nach gleichen Prinzipien aufgebaut sind. Es handelt sich damit um komplexere Systeme aus Werkzeugmaschinen und ihrem EDV-Umfeld. Soll nach diesen Leitvorstellungen auch eine größere Flexibilität der Produktion erreicht werden, bietet sich eine Arbeitsstrukturierung in Funktionsblöcke, d.h. der Produkte in Baugruppen und der Produktion in Arbeitsgruppen und Fertigungszellen oder -inseln /Warnecke, 1985/ bzw. nach dem Prinzip der

Fertigungssegmentierung /Wildemann, 1988/ an. In derartigen Funktionsblöcken oder Fertigungssegmenten werden dann Tätigkeiten wie Rüsten, Programmieren, Überwachen, Warten und Teilaufgaben der Qualitätssicherung und Werkstattsteuerung in einer Gruppe gelöst. Die als Folge höherer Qualifikation entstehenden Personalmehrkosten können über die erhöhte Systemnutzung (Verfügbarkeit) ausgeglichen werden /Martin, 1990/.

## **b) Aufgabengerechte Dialogtechniken**

Erfahrungsgeleitete Arbeit wird erleichtert durch den Einsatz von Dialogtechniken, die von der qualifizierten Fachkraft keinen zusätzlichen Aufwand für ihre Bedienung erfordern (d.h. die insbesondere den Kriterien nach DIN 66234, Teil 8, Februar 1988, genügen). Dienlich sind menügesteuerte Dialogtechniken, die der qualifizierten Fachkraft gleichwohl verschiedene Einstiege ermöglichen. Eine strenge Bedienerführung ist nachteilig und eher für Anfänger zum Üben geeignet, ggf. auch zum Anlernen für eingeschränkte Programmieraufgaben. Die vorliegenden Befunde weisen darauf hin, daß es weniger darum geht, ob nach dem DIN-Satz oder ohne DIN-Satz programmiert wird, beispielsweise durch Klartext oder Geometrieingabe, sondern vielmehr darauf ankommt, daß die qualifizierte Fachkraft die Option wählen kann, die sie für ihre Arbeitsaufgabe als geeignet ansieht, um eine Werkstückverformung vorzunehmen. Je nach der gemachten Erfahrung fällt es einer erfahrenen Fachkraft leichter, direkt im DIN-Satz oder bei "schwierigen" Konturen unter Zuhilfenahme von Geometrieelementen Programme zu erstellen. Besonders für erfahrungsgeleitete Arbeit geeignet sind somit Dialogtechniken, die beide Optionen enthalten. Von hervorgehobener Bedeutung sind außerdem Programmierhilfen, d.h. Hilfen zum Berechnen, zum Abruf von Zyklen, für die Simulation von Verfahrenswegen und für schnelle Einstiege bei Fehlerkorrekturen /Böhle,Rose, 1990/. Aus der Sicht der qualifizierten Fachkraft kommt es darauf an, daß die Dialogtechnik ihre Konzentration für mentale Repräsentationen und Manipulationen nicht stört bzw. nicht behindert. Das gilt auch für den Einsatz von Expertensystemen, beispielsweise zur Ermittlung von Technologiewerten oder für die Störungsanalyse. Auch diese möchte die qualifizierte Fachkraft nur in den Fällen nutzen, in denen sie diese für unterstützend hält. Kennt sie den Ansatz der Expertensysteme, kann die qualifizierte Fachkraft sehr wohl abschätzen, ob sie für den zu bearbeitenden Fall durch die Anwendung eine Unterstützung erwarten kann oder nicht. Erfahrungsgeleitete Arbeit wird unterstützt durch Datenbanksysteme für Spannmittel und Werkzeuge sowie abgelegte Notizen und entsprechend leichte

Suchverfahren, um in diesen Datenbanken Informationen zu finden /Rose, 1991/. Von Vorteil sind dabei Datenbanken, in denen die in einer aktuellen Situation real verfügbaren Mittel enthalten sind.

### c) Direkte Prozeßtransparenz und -regulation

Die aktive sinnliche Wahrnehmung der Überarbeitungsprozesse ist nicht nur in der konventionellen Fertigung, sondern auch an CNC-Maschinen ein wichtiger Bestandteil der Tätigkeit von Facharbeitern, ebenso die direkte (nicht-programmgesteuerte) Regulierung der Bearbeitungsprozesse. Wichtig für das Verständnis ist, daß Facharbeiter auch dann, wenn Programme überprüft und optimiert sind, die Bearbeitungsvorgänge im Automatikbetrieb laufend kontrollieren und ggf. auch in den Prozeßablauf eingreifen müssen. Zwar entspricht dies nicht unbedingt den Vorstellungen und Erwartungen der technischen Planung, ist aber ein in der Berufspraxis bekannter Sachverhalt /Böhle/Rose, 1990/. Der Facharbeiter, der "implizites" Erfahrungswissen entwickeln und einsetzen soll, bedarf technischer Unterstützung bei der Zugänglichkeit zu Bearbeitungsprozessen und der Einflußnahme auf Bearbeitungsprozesse.

Förderlich für die Prozeßtransparenz an der Maschine sind sowohl die Visualisierung von Prozeßdaten wie auch eine hierauf gerichtete Ausstattung der Maschinen. Gegenwärtig sind für die Prozeßvisualisierung Simulationen der Verläufe im Arbeitsraum in 2 D entwickelt worden. Diese Verfahren werden, wie neuere Untersuchungen /Böhle/Rose, 1990/ zeigen, von Facharbeitern als wenig aussagekräftig bezeichnet. Hier ist zu fragen, ob andere Darstellungsformen, d.h. beispielsweise voluminöses Spanen, eine Erhöhung der Aussagefähigkeit bringen können. Weitere technische Unterstützung zur Prozeßtransparenz an der Maschine sind prinzipiell durch Transformation von Schallemissionen aus dem verkapselten Arbeitsraum gegeben /Weber, 1990/. Weiter wäre zu prüfen, ob durch Sensorik ermittelte Meßdaten auch an der Maschine in einer Form dargestellt werden können, die direkten Aufschluß über Bearbeitungsvorgänge zuläßt.

Für die Prozeßregulation sind vor allem eindeutige Tasten für die Maschinenfunktionen wie auch Handräder von Bedeutung. Von Facharbeitern wird die Verfügung über zwei Handräder als wünschenswert bezeichnet /Böhle/Rose, 1990/. Ein Handrad sollte für die Regulation von Vorschub- und Schnittgeschwindigkeit, ein weiteres Handrad für das manuelle Verfahren der

Achsen dienen. Handräder werden als vorteilhaft beim Einfahren und zur höchstmöglichen Auslastung der Maschinen angesehen, aber auch für das Beheben von Störungen als erleichternd eingeschätzt.

#### **d) Tätigkeitsorientierte Aneignung**

In der Aus- und Weiterbildung wird der Bedeutung erfahrungsgeleiteter Arbeit entgegengekommen, wenn Kenntnisse zum Programmieren und zur Einrichtung von Maschinen anhand ausgewählter Bearbeitungsaufgaben vermittelt werden. Bei dieser Form der Aneignung stehen die Tätigkeiten zur Aufgabenerfüllung im Vordergrund. Es werden nicht erst "mühsam" theoretische Kenntnisse "im Trockenkurs" vermittelt, die dann praktisch zu erproben sind, sondern gleich Arbeitsaufgaben im direkten Umgang mit CNC-Maschinen behandelt /Krogoll, 1988/. Ob diese Vermittlung direkt an der Maschine zu erfolgen hat oder sich auch mittels PCs, über die wie mit den Steuerungen vorgegangen werden kann, abwickeln läßt, ist an den Vorerfahrungen der Interessenten für Aus- und Weiterbildung festzumachen /Kunkel, 1989/. Fachkräfte, die an konventionellen Werkzeugmaschinen gearbeitet haben oder die mit dem Optimieren von Programmen an CNC-Werkzeugmaschinen in der Praxis beschäftigt waren, haben ja bereits Erfahrungen mit Maschinen. Für sie reicht Fortbildung an einem PC, der die Steuerung darstellt, aus und das Üben an Maschinen. Bei der Erstausbildung liegen andere Ausgangsvoraussetzungen vor. Hier muß auch ein Verständnis für maschinelle Bearbeitungsvorgänge vermittelt werden /Erbe/Schlömer, 1986 und 1990/.

Für das Lernen im Arbeitsprozeß empfiehlt sich ein laufender Erfahrungsaustausch der Arbeitskräfte untereinander. Zeitpuffer für diesen Zweck und Gruppenarbeit sind hierbei hervorzuhebende organisatorische Gestaltungsprinzipien.

Die Entwicklung von speziellen Weiterbildungskursen, z.B. für ein Training zum Erwerb bzw. zur "Auffrischung" impliziten Erfahrungswissens an CNC-Maschinen in rechnergestützten Fertigungsstrukturen, steht noch aus.

#### II.5.4.5 Zusammengefaßte Anforderungen für die Arbeitsgestaltung

Wird erfahrungsgeleitete Arbeit zum Prinzip der Arbeitsgestaltung für die Arbeit mit CNC-Maschinen, bedarf es der Sicherung hierfür notwendiger technischer und organisatorischer Voraussetzungen:

- Der Aufgabengliederung zwischen zentralen Abteilungen und Werkstatt so, daß an der Maschine bei der Formung von Werkstücken ganzheitliche Arbeitszyklen stattfinden;
- der Auslegung von Schnittstellen zu anderen CIM-Bausteinen derart, daß anderen Orts erzeugte Daten genutzt und weiterverarbeitet werden können;
- der Anwendung ortsunabhängiger Programmierverfahren mit aufgabengerechten Dialogtechniken, die eine entsprechend der Arbeitssituation geeignete Edition (Geometrieingabe oder Klartext- oder DIN-Satz-Verfahren beim Programmieren, Optimieren und Korrigieren zulassen);
- des Einsatzes von Assistenzsystemen zur Schnittwertbestimmung durch einfache Suchverfahren in Dateien, Berechnungshilfen, Speicherung von Verlaufsdaten usw.;
- der Nutzung von gegenwärtig noch nicht genügend entwickelten Assistenzsystemen zur Sicherung von Prozeßtransparenz und -regulation, z.B. durch Vermittlung von Schallemissionen oder Schwingungen aus verkapselten Arbeitsräumen oder Eingriffsmöglichkeiten, wie den Override und das manuelle Verfahren von Achsen;
- der Anwendung von Rückmeldesystemen, die von einer Prüfung und Verdichtung der Daten auf Werkstattebene ausgehen;
- der Orientierung von Qualifizierungsmaßnahmen am Prinzip tätigkeitsorientierter Aneignung;
- des laufenden Erfahrungsaustausches zwischen den Arbeitskräften im Arbeitsprozeß im Rahmen von Zeitpuffern und Gruppenarbeit.

Wie diese Anforderungen zeigen, ergeben sich aus den Erfordernissen der Arbeitsgestaltung auch Anstöße für Technikentwicklung.

## Literatur

- Böhle, F.; Milkau, B.: Vom Handrad zum Bildschirm - eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozeß, Campus, Frankfurt 1988.
- Böhle, F.; Milkau, B.: Neue Technologien - neue Risiken. Neue Anforderungen an die Analyse von Arbeit. Z. f. Soz. 4 (1989).
- Böhle, F.; Rose, H.: Erfahrungsgeleitete Arbeit bei Werkstattprogrammierung - Perspektiven für Programmierverfahren und Steuerungstechniken. In: Rose H. (HG.) Programmieren in der Werkstatt, Campus, Frankfurt 1990.
- Brödner, P.: Neue Generation werkstattgerechter Programmiersysteme. Techn. Rundschau 35 (1988).
- Dünnwald, J.: Prozeßtransparenz und -regulation. Bislang vernachlässigte Aspekte zur Beherrschung von NC-Technologien. In: Rose H. (HG.) Programmieren in der Werkstatt, Campus, Frankfurt 1990.
- Erbe, H.H.: Die Werkstatt als Mittelpunkt des Fertigungsprozesses. In: Hoppe M.; Erbe H. H. (Hrsg.) Rechnergestützte Facharbeit, Werner-von-Siemens-Schule, Wetzlar 1986.
- Lernfeld Betrieb 1 (1990).
- Failmezger, R.; Urban, G.; Drexler, E. (Volkholz, V.): Analyse von Belastungs- und Beanspruchungs-Prozessen an CNC-Maschinen, GfAH, Dortmund, März 1989.
- Häuser, K.: Werkstattprogrammiertes NC-Drehen - praktisch erprobt (MTU - Friedrichshafen). Techn. Rundschau 20 (1989).
- Hekeler, M.: Werkstattorientierte Programmiertechnik für den Facharbeiter (Traub). Techn. Rundschau 38 (1988).
- Hoffmann, T.; Martin, H.: CNC-Steuerung im Vergleich. Eigenschaften von CNC-Steuerungen zur Dreh- und Fräsbearbeitung. In: Rose H. (HG.) Programmieren in der Werkstatt, Campus, Frankfurt 1990.
- Kief, H.B.: Mehr Vorteile durch Werkstattprogrammierung (Bosch). Techn. Rundschau 38 (1988).
- Kraft, U.; Udris I.: Untersuchungen der Tätigkeit an einem CNC-gesteuerten 5-Achsen-Fräszentrum, Forschungsprojekt "Arbeitspsychologische Gestaltung sensorüberwachter mechanischer Fertigung", Verbundprojekt: Sicherung des spanabhebenden Bearbeitungsprozesses, gefördert durch das BMFT - PT - FT, ETH Zürich, Juni 1988.
- Krogoll, T.; Pohl, W.: CLAUS - ein Lernkonzept für CNC. In: Techn. Rundschau 12 (1988).
- Kunkel, W.: Der Stellenwert der Simulation in der CNC- Aus- und Weiterbildung. TIBB 1 (1989).



- Lay, G.; Boffo, M.; Fix-Sterz, J., Lemmermeier, L.: Handlungsanleitung zum Einsatz von CNC-Drehmaschinen. Programmierung, Wirtschaftlichkeit, Organisation, RKW, Eschborn 1988.
- Martin, H.; Rose, H. u.a.: Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit in der Produktion, Grundsatzpapier des Verbundvorhabens "Aufzeigen von technischen, organisatorischen und qualifikatorischen Gestaltungsfeldern zur Nutzung erfahrungsgeleiteter Arbeit bei der Entwicklung und beim Einsatz von CNC-Techniken durch einen Forschungsverbund", gefördert durch das BMFT, PT - HDA, Kassel, Juli 1989.
- Martin, H.; Rose, H.: Erfahrungswissen sichern statt ausschalten. Techn. Rundschau 12 (1990).
- Martin, T.: Das Verhältnis von Mensch und Automatisierung in der Produktion - am Beispiel CIM. Henning K.; Süthoff, M.; Mai, M. (Hrsg.): Mensch und Automatisierung, Westdeutscher Verlag, Opladen 1990.
- Nuber, Ch.; Schultz-Wild, R.: Facharbeitereinsatz und Verbreitung von Werkstattprogrammierung - Neue Durchsetzungschancen eines viel diskutierten Konzepts? In: Rose H. (HG.): Programmieren in der Werkstatt, Campus, Frankfurt, 1990.
- Rose, H.: Bedeutung des Erfahrungswissens für die Bedienung von CNC-Maschinen, in ZWF (1991).
- Rose, H.: Was heißt facharbeitergerecht? - Offene Fragen in der Diskussion um qualifizierte Facharbeit an CNC-Werkzeugmaschinen. In: Rose, H. (HG.): Programmieren in der Werkstatt. Perspektiven für Facharbeit mit CNC-Maschinen, Campus, Frankfurt 1990.
- Warnecke, H.J.: Von Taylor zur Fertigungstechnik von morgen. Z. ind. Fertigg. (1985).
- Weber, H.; Meyer, W.: Prozeßdiagnose durch Analyse von Schallemissionen, in: ZWF (1990).
- Weber, W.: CNC-Steuerungen für qualifizierte Facharbeit. Techn. Rundschau 28 (1988).
- Wildemann, H.: Die modulare Fabrik. Kundennahe Produktion durch Fertigungssegmentierung, gfmt, München 1988.